

区域环境遥感生态评价指标研究进展

段永玉, 莫美仙*, 胡金, 钟雪敏, 罗贵美, 袁德月, 陈英富

玉溪师范学院, 地理与国土工程学院, 云南 玉溪

收稿日期: 2023年9月4日; 录用日期: 2023年10月4日; 发布日期: 2023年10月12日

摘要

随着社会经济的持续发展, 环境和社会发展的关系越来越密切。在经济发展和人民生活水平不断提高的同时, 环境恶化与生态环境破坏的问题也随之日益严重, 人口、资源与环境的矛盾日益尖锐, 环境问题特别是生态环境质量已成近年来的研究热点。本文总结和分析了生态环境评价的研究进展, 比较如指数评价法、模糊判别法等的评价方法的优缺点, 并指出其各自特点, 聚焦于露天矿山环境中使用的遥感技术和生态评价, 以及其在评估和监测矿山生态环境方面的应用, 最后总结分析当前生态环境评价研究中的主要问题及未来发展趋势, 对生态环境指标体系的构建具有指导作用。

关键词

生态环境质量, 指标体系, 评价方法, 遥感

Research Progress on Remote Sensing Ecological Evaluation Indexes for Regional Environment

Yongyu Duan, Meixian Mo*, Jin Hu, Xuemin Zhong, Guimei Luo, Deyue Yuan, Yingfu Chen

School of Geography and Land Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

Received: Sep. 4th, 2023; accepted: Oct. 4th, 2023; published: Oct. 12th, 2023

Abstract

With the continuous development of the social economy, the relationship between the environment and social development is becoming increasingly close. With the continuous improvement of economic development and people's living standards, the problems of environmental degradation

*通讯作者。女, 博士, 高级工程师, 主要研究方向: 水文地质及环境地质。

文章引用: 段永玉, 莫美仙, 胡金, 钟雪敏, 罗贵美, 袁德月, 陈英富. 区域环境遥感生态评价指标研究进展[J]. 环境保护前沿, 2023, 13(5): 1095-1101. DOI: 10.12677/aep.2023.135130

and ecological environment destruction have also become increasingly serious. The contradiction between population, resources, and environment has become increasingly acute, and environmental issues, especially ecological environment quality, have become a research hotspot in recent years. By summarizing and analyzing the research progress of ecological environment evaluation, comparing the advantages and disadvantages of evaluation methods such as index evaluation method and fuzzy discrimination method, and pointing out their respective characteristics, focusing on remote sensing technology and ecological evaluation used in open-pit mining environments, as well as their applications in evaluating and monitoring the ecological environment of mines. Finally, summarizing and analyzing the main problems and future development trends in current ecological environment evaluation research. It has a guiding role in the construction of the ecological environment indicator system.

Keywords

Ecological Environment Quality, Indicator System, Evaluation Method, Remote Sensing

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生态环境质量评价始于 20 世纪 60 年代中期。良好的生态环境是人类生存和发展的基本条件，生态环境评价是保护环境、促进人类社会可持续发展的前提。区域生态环境质量评价是协调区域经济发展与生态环境保护之间关系的基础，是实现区域社会经济可持续发展的重要手段，只有使生态环境质量不断提高的发展模式才能实现可持续发展的目标[1]。20 世纪以来，随着人口的增长和社会工业化程度的提高，人类活动的范围和强度空前扩大，自然界越来越多地打上人类活动的烙印，人口、资源与环境的矛盾日益尖锐，荒漠化、水土流失等生态环境问题更加突出，严重地威胁着人类的生存与发展。为了解决这些问题，人类需要更深入地理解生态环境的结构、功能和过程。通过对生态环境质量的优劣程度及其影响进行评价，目的在于揭示生态环境破坏或退化的根源，寻求改善和提高生态环境质量的方法与途径，为区域经济开发和环境保护提供科学依据和决策支持。因而逐步在全球范围内开展了生态环境评价研究[2]。

2. 区域生态环境质量评价相关概念

在环境科学中所指的环境常是指自然环境，生态学科中称生物生存的自然环境为生态环境[3]。生态环境是指生物群落及非生物自然因素组成的各种生态系统所构成的整体，其状况与演变与人类的生存和发展息息相关[4]。生态环境质量是指生态环境的优劣程度，它以生态学理论为基础，在特定的时间和空间范围内，从生态系统层次上，反映生态环境对人类生存及社会经济可持续发展的适宜程度，是根据人类的具体要求对生态环境的性质及变化状态的结果进行评定。生态环境质量评价就是根据特定的目的，选择具有代表性、可比性、可操作性的评价指标和方法，对生态环境质量的优劣程度进行定性或定量的分析和判别。其目的是准确反映生态环境质量和污染状况，找出当前的主要环境问题，为有针对性地采取治理措施，制订生态环境规划和有关管理防治对策提供科学依据[5]。

3. 区域生态环境质量评价指标体系研究

生态环境质量评价指标体系一定要建立在科学的基础上，能够比较客观全面地衡量所考虑的诸多环

境因子, 同时也要具有可表征性、可度量性及易获性, 以便于进行综合分析和评价[6]。制定指标体系时, 要本着上述原则, 通过对生态环境质量评价的制约性因素或主导性因子的辨识, 从中选取最能代表和反映区域生态环境质量本质特性的具体指标, 揭示其变化特征[7]。例如池志淼等建立了由生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地退化指数、污染负荷指数 5 个层次 16 项指标构成的指标体系[8]。

3.1. 评价因子的选择

选择与区域生态环境有关的因子(如气候、水资源、土地利用、植被、水土流失)以及部分人类活动和经济因素(污染物排放、人均耕地面积、单位面积粮食产量、人均国内生产总值等), 构建了评价指标体系。区域生态环境质量评价因子包括自然生态系统的属性信息和社会经济因素, 包括如森林覆盖率、人均耕地面积、人均水资源量、湿润系数、大气环境质量、水质、生物多样性、单位土地面积产量、人均国内生产总值、水土流失面积、气象灾害易发程度、水文地质、工程地质、环境地质条件等多个因子[5]。

3.2. 指标权重的确定

指标权重的确定, 各生态因子对生态环境质量的贡献率不同, 需要对生态因子的具体指标赋以不同权重。目前的赋权方法主要可分为主观赋权法和客观赋权法两大类。主观赋权法根据专家多年积累的实践经验来主观确定各指标的权重, 常用的有专家打分法、层次分析法(AHP)等, 这种方法较为粗糙, 主观性很强。客观赋权法是指根据各指标之间的相关关系或内部结构信息来确定各指标权重, 常用的客观赋权法有主成分分析法、熵值法等, 这种方法克服了经验赋值法的主观随意性, 受人为因素影响较小, 能较为客观地反映指标间的关系。在实际应用中, 较为科学的做法是将主观赋权法和客观赋权法结合起来。例如层次分析法与熵值法、模糊数学法等结合起来, AHP 法是将定性问题进行定量分析的一种实用有效的多准则决策方法, 其特点是: 把复杂问题中的各种因素通过划分为相互联系的有序层次使之条理化[8]。虽然说层次分析法简单明了, 实用性强, 可靠度高, 误差较小, 但无法避免主观因素影响, 与其他方法结合后可有效提高评价结果的准确性和可信度[9]。

4. 区域生态环境质量评价方法

在生态环境质量评价工作中, 评价方法作为其必不可少的手段而具有重要意义。目前, 国内外专家学者已经对生态环境评价方法进行了大量研究, 构建了一些较为成熟的方法, 如模糊判别法、人工神经网络法等[10]。

指数评价法对每一个参与评价的要素进行单独评价, 在单独评价的基础上结合各评价因子对最终结果的属性权重, 采用加权求和的方法对生态环境进行综合评价。适用于具有明确的评价要素和指标体系的情况下, 有清晰的评价因子和各因子的权重, 以便进行单独评价和综合评价。该方法着重于将各要素的评价结果转化为指数, 然后通过加权求和的方式进行综合评价。它能够体现综合性、整体性和层次性, 但评价指数的专一性可能过强, 缺乏灵活性。

模糊综合评价法是一种基于模糊数学的综合评价方法。该综合评价法根据模糊数学的隶属度理论把定性评价转化为定量评价, 对每一个评价因素与系统的关系用 0~1 之间连续值中的某一数值来表示, 适用于需要考虑不确定性的评价情况。模糊综合评价法基于模糊数学理论, 能够处理不精确的数据和模糊的关系, 它能够更好地应对评价因素之间的模糊性, 但在一些情况下可能需要对模糊数学理论有一定的了解。

人工神经网络又称为类神经网络, 指模仿生物神经网络的信息处理系统, 是由大量简单的神经元广泛连接而成的用来模拟人脑思维方式的复杂网络系统。它通常由输入层、输出层及若干隐含层组成, 每个神经元既从临近它的神经元接受信息, 也向临近于该神经元的其他神经元输出信息, 整个神经元的

是通过这些神经元的相互作用完成的。适用于复杂的数据关系和非线性问题，可以处理多个输入和输出之间的复杂关系。它适用于需要考虑多个因素相互影响的情况，但也需要大量的训练数据和计算资源。

灰色关联分析法是一种多因子统计分析方法，利用离散的数据来做数列间距离的度量，探讨两个数列间的关联度，根据因素之间变化趋势的相似度(关联度)来衡量因子间的相关性。灰色关联度分析实质上是几种曲线间几何形状的比较，即认为几何形状越相似，则发展态势就越接近，其关联程度也就越大。适用于分析多因子之间的关联性，特别是在数据较少或不完整的情况下。它适用于需要考虑因素之间的相似性和变化趋势的情况，但对数据的质量和完整性要求不高。

聚类分析法按距离的远近将数据分为若干个类别，使得类别内数据的差异尽可能小，类别间差异尽可能大。聚类分析法适用于需要将数据分组的情况，可以帮助识别不同类别之间的差异。它适用于需要了解数据的分类情况，但对数据的初始分组方式和距离度量方法有影响。

生态足迹法从需求面计算生态足迹的大小，从供给面计算生态承载力的大小，通过对这两者的比较盈亏分析，评价对象的可持续发展性。生态足迹具有较强的可复制性，在城市生态环境质量评价中应用广泛。

不同生态环境评价方法的汇总与比较见下表 1 [9]。在选择合适的方法时，需要根据评价目的、数据可获得性以及研究对象的特点来进行综合考虑。不同方法也可以结合使用，以获取更全面和准确的生态环境质量评价结果。

Table 1. Summary and comparison of different eco-environmental assessment methods
表 1. 不同生态环境评价方法的汇总与比较

评价方法	描述	适用范围	优点	缺点
指数评价法	加权求和各因子得到综合评价，包括现状评价、趋势评价及稳定性评价	适用于长时间积累的数据资料	评价全面、宏观，评价结果具有较强的综合性、逻辑性及系统性	评价指数专一性过强，需要大量基础研究数据
模糊判别法	计算各因子对各评价指标的隶属度，分析结果向量，评价生态环境质量	适用于省、区等大范围及县(市)、乡(镇)等小范围	计算方法简单易行，对模糊、非确定性问题评价效果较好，结果清晰，系统性强	评价指标反映不够灵敏，损失有用信息
人工神经网络法	模拟人的大脑神经处理信息，对已知样本进行学习、获得先验知识，从而对新样本进行评价	适用于难以推理识别的复杂数据	评价结果客观，精度高，减少了算法及数值的不确定性	需要大量样本，无法阐释推理过程和依据
灰色关联分析法	根据因素发展的异同度来量化各因素间的相关性	对动态历程分析效果较好	考虑整体分析指标间的相关性，整体性较好	指标最优值主观性强，难以确定，且需要以环境质量的评价标准为基础
聚类分析法	将样本按相似度进行分类，使类别间相似度较低	适用于省域、市域等范围	定量评价生态环境质量，操作简单，结果直观	样本较大时，评价结果较难得出，误差较大
生态足迹法	以该区域人类活动所使用的生态资源对应的生产性土地面积来表现对资源占有的程度	适用于基础资料较齐全的城市生态环境评价	可复制性强，通用性好	无法完全描述生态系统提供资源以及消纳废弃物的功能描述完全，较少考虑污染影响

5. 遥感技术在生态环境评价中的应用

5.1. 遥感生态评价

生态环境的破坏会带来不可估量的损失,因此迫切需要行之有效的手段进行动态监测,进而对症下药,防治未发生或已发生的各类灾害。RS技术可以同步地对大范围内的地区进行观测,迅速获得广大区域的生态评价信息,并且以其时效性的特点,可以在短周期内对同一地区进行重复观测,这对生态系统的动态评价及大尺度的生态系统的评估具有重要的意义。与传统的地面调查和考察相比,RS技术的应用不仅可以大大地节省生态评价的人力、物力和时间,而且还可以较大程度地排除评价数据中的人为因素干扰。目前,生态评价研究已逐渐开始利用遥感数据[11]。具体而言,RS技术通过实时地探测地表变化,收集各种形式的变化信息,形成多种时空分辨率的影像数据。基于遥感技术的生态环境评价方法通过数据分析,重点以植被覆盖度、水体面积、生态环境脆弱度为评判指标,定量地描述生态背景、植被及水体等多方面变化特征,核心目标主要为生态脆弱性评价及社会经济发展与生态环境的相互影响[12]。

当前,卫星遥感对地观测系统以其宏观、快速、实时的优点在生态环境领域得到广泛的应用利用各种遥感指数来对森林、草地、城市河流乃至整个流域的生态系统进行监测和评价,已经是生态环境保护领域的重要组成部分。2006年,国家环境保护部以行业标准的形式颁发了《生态环境状况评价技术规范》(以下简称规范),推出了主要基于遥感技术的生态环境状况指数EI,旨在对我国县级以上生态环境提供一种年度综合评价标准。《规范》试行以来,已在国内得到广泛的应用[12]。

在反映生态质量的诸多自然因素中,绿色度、湿度、热度、干度这4个因素可谓与人类的生存息息相关,也是人类直观感觉生态条件优劣的最重要指标,因此常被用于评价生态系统。就遥感技术而言,它可以从遥感影像中

获得这4个指标的信息,如采用植被指数、裸土指数、湿度分量、地表温度就可以分别代表绿色度、干度、湿度和热度。这样,拟建的遥感生态指数(RSEI)就可以表示为这4个指标的函数,即:

$$RSEI = f(\text{Greenness, Wetness, Heat, Dryness}) \quad (1)$$

其遥感定义为:

$$RSEI = f(\text{VI, Wet, LST, SI}) \quad (2)$$

(1)式中:Greenness为绿色度;Wetness为湿度;Thermal为热度;Dryness为干度;

(2)式中:VI为植被指数;Wet为湿度分量;LST为地表温度;SI为裸土指数。

湿度指标(Wet):遥感缨帽变换所获得的亮度、绿色度、湿度分量已被广泛地应用在生态环境监测中。其中的湿度分量反映了水体和土壤、植被的湿度,与生态密切相关。

绿色度指标(NDVI):归一化植被指数NDVI无疑是应用最广泛的植被指数,它与植物生物量、叶面积指数以及植被覆盖度都密切相关因此,选用NDVI来代表绿色度指标。

热度指标(LST):热度指标由地表温度来代表。

干度指标(NDSI):干度指标选用的是裸土指数。但在区域环境中,还有相当一部分的建筑用地,它们同样造成地表的“干化”,因此干度指标可由二者合成,即由裸土指数和建筑指数合成[12]。

RSEI指数是基于绿色度、湿度、热度和干度指标建立的一个完全基于遥感信息和自然因素的指数,因此可以快速简便地评价区域生态质量。RSEI能够运用加权求和的方式客观地耦合各个指标,合理地代表区域生态质量。

5.2. 遥感生态评价在露天矿区中的运用

随着传感网、卫星遥感、地理信息系统等技术的发展,多技术融合监测已成为矿区生态环境监测的

趋势。彭金艳等构建了适用于研究矿区生态环境质量的遥感绿色指数(RSGI)模型,并初次将模型应用于义马矿区的生态环境质量评价[13]。Suh等回顾了地理信息系统在矿区土壤、水和森林监测中的应用。韩福顺介绍了温湿度、位移和形状传感器等地面传感器在矿区的应用方式。遥感技术以其大面积快速监测的优势,为矿区生态环境监测提供了重要手段,当前已得到一定程度的应用。在此基础上,矿区生态环境评价的研究也得到进一步发展[14]。

6. 结论

到目前为止,生态环境评价指标存在的主要问题一是指标体系的构建还不够完善,尚未形成一个综合且完整的指标体系,缺乏实践性与指导性;二是评价结果受人为因素干扰影响较大,主观性较大,其结论的科学性与可信度存在质疑。但生态环境评价领域正呈现出多样化的发展趋势,评价内容不断丰富,特别是评价指标体系与人类发展主题的关联性不断加强。这种趋势将生态环境评价更紧密地与人类社会的可持续发展目标联系在一起,突显了评价的现实意义,通过研究得出以下结论:

1) 生态环境评价未来的发展趋势应更加注重实践性、综合性和学科融合性。应该更全面地考虑生态系统的各个方面,增强综合性,使评价结果更贴近真实情况。

2) 区域生态环境评价方法需要更加注重实际问题,能够为决策提供具体的指导。在方法上,更广泛地引入跨学科的知识,使评价更能应对复杂的生态环境问题。相较于传统方法,遥感技术在生态环境评价中具有明显的优势,遥感技术能够提供大范围、连续性的数据,帮助捕捉环境变化的动态过程。同时,3S技术和大数据的应用为遥感生态评价提供了更为精确的数据支持,使评价结果更加可靠。

基金项目

玉溪师范学院 2021 大学生创新创业训练计划项目“云南省个旧锡矿矿区环境遥感监测与评价”(项目编号:2021A076);

云南省科技厅地方高校联合专项面上项目“华宁盘溪七厘潭岩溶水系统结构特征及防污性能研究”,(项目编号:202001BA070001-169)。

参考文献

- [1] 张从. 环境评价教程[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 225-232.
- [2] 田永中, 岳天祥. 生态系统评价的若干问题探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2003, 13(2): 17-22.
- [3] 王耕, 王利, 吴伟, 等. 区域生态安全概念及评价体系的再认识[J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1627-1637.
- [4] 高宝嘉, 陈明叶. 生态环境质量评价之评价[J]. 林业与生态科学, 2018, 33(1): 1-6.
- [5] 魏丽, 黄淑娥, 李迎春, 贺志明. 区域生态环境质量评价方法研究[J]. 气象, 2005, 31(1): 23-28.
- [6] 马金珠, 安新平, 赵华. 甘肃省生态环境质量综合评价[J]. 安全与环境工程, 2004, 11(1): 1-5.
- [7] 朱东红, 上官铁梁, 苏志珠, 胡江. 区域生态环境质量评价方法[J]. 山西煤炭管理干部学院学报, 2003, 16(1): 64-67.
- [8] 池志淼, 戴怡新, 郝向麟. 我国区域生态环境质量评价方法探讨[J]. 国家林业局管理干部学院学报, 2006, 5(2): 43-46.
- [9] 左璐, 孙雷刚, 徐全洪, 刘剑锋, 李晓婧, 鲁军景. 区域生态环境评价研究综述[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2021, 43(4): 806-817.
- [10] 田佳良. 区域生态环境质量评价研究综述[J]. 环境保护与循环经济, 2013, 33(11): 63-66.
- [11] 杨娟, 高永涛, 崔团团, 贾明明. RS-GIS 技术在秦岭地区生态环境评价中的应用探讨[J]. 科技与创新, 2023(8): 165-167.
- [12] 徐涵秋. 区域生态环境变化的遥感评价指数[J]. 中国环境科学, 2013, 33(5): 889-897.

-
- [13] 刘智慧, 来永斌, 孙翠玲, 苏铁成, 谢维. 矿业城市生态环境质量状况综合评价[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2004, 24(3): 39-44.
- [14] 陈润羊, 徐卫东. 典型矿业城市生态环境脆弱性评价[J]. 采矿技术, 2007, 7(1): 37-39.